

PENGARUH WAKTU REAKSI TERHADAP BILANGAN HIDROKSIL PADA PEMBENTUKAN POLYOL DARI EPOKSIDASI CPO DAN CURCAS OIL

Syamsudin Abdullah

Program Studi Teknik Kimia,
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
absyamsudin@yahoo.co.id

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh waktu reaksi dalam pembuatan plasticizer dan bahan intermediet dalam industri plastik dari bahan minyak Jarak Pagar (Curcas Oil) dan minyak Kelapa Sawit (CPO).

Penelitian dilakukan dengan mencampur 100 ml minyak jarak pagar dan 100 ml minyak kelapa sawit, kemudian memanaskannya bersama asam asetat 47 %, hidrogen peroksida 50 %, dan katalis asam sulfat 1% dari jumlah minyak total pada suhu 70°C. Perbandingan mol asam asetat : hidrogen peroksida adalah 0,3 : 1,7 dan waktu operasi divariasikan. Epoksi hasil epoksidasi ini dipisahkan menggunakan larutan sodium bikarbonat jenuh dan sodium sulfat. Epoksi 20 ml kemudian direaksikan dengan etilen glikol 30 ml ditambah katalis asam sulfat 1% dari jumlah pereaktan total pada suhu 120°C dan waktu operasi divariasikan, sehingga didapat senyawa polioliol yang kemudian dipisahkan.

Dari penelitian ini diketahui kondisi optimum epoksidasi dicapai pada waktu reaksi 2 jam dengan bilangan oksiran 3,5360 % serta densitas epoksi 0,945 g/ml. Pada produksi polioliol didapat bilangan hidroksil 4,8588 % pada waktu reaksi optimum 1 jam dengan indeks bias polioliol 1,4705. Dengan demikian didapat korelasi % Bilangan Oksiran terhadap waktu epoksidasi (jam) adalah: $Y_1 = -0,4777X^2 + 1,9093X + 1,616$. Sedangkan korelasi % Bilangan Hidroksil terhadap waktu produksi polioliol (jam) yaitu: $Y_2 = -1,2922X^2 + 3,332X + 2,6758$.

Kata kunci: bilangan hidroksil, bilangan oksiran, epoksidasi, CPO, curcas oil

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dengan semakin berkembangnya industri plastik di Indonesia, semakin bertambah pula kebutuhan bahan-bahan untuk industri plastik, baik itu bahan baku maupun bahan penolongnya, seperti senyawa epoksi sebagai *plasticizer* dan poliol sebagai bahan intermediet pembuatan poliuretan. Poliuretan adalah suatu termoset plastik yang mudah dibentuk dan dapat dibuat selembut *bubble gum* atau sekeras *soft metal*.

Pada umumnya, senyawa epoksi dan polyol dibuat dari bahan baku minyak bumi. Dengan semakin menipisnya persediaan minyak bumi, maka saat ini diupayakan pengkajian dan pengembangan *plasticizer* berbahan baku minyak nabati, seperti minyak kedelai, minyak kelapa sawit (CPO), minyak biji karet, minyak jarak pagar dan lain-lain.

Salah satu minyak nabati yang dikembangkan dalam industri *plasticizer* berasal dari tanaman Jarak Pagar dan minyak Kelapa Sawit. Tanaman Jarak itu sendiri terdiri atas dari dua jenis, yaitu Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) dan tanaman Jarak Farmasi (*Ricinus communis L.*). Tanaman Jarak termasuk ke dalam famili *euphorbiaceae* dengan ciri tumbuhan yaitu: dapat tumbuh dengan cepat, kuat, serta tahan terhadap musim panas.

Penelitian yang dilakukan menggunakan minyak nabati berbahan baku minyak Jarak Pagar yang berasal dari biji tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*), dan Minyak kelapa sawit (CPO). Minyak Jarak Pagar (*Curcas Oil*) memiliki asam lemak tak jenuh cukup tinggi (asam risinoleat 86%), sehingga dapat menghasilkan produk *plasticizer*. Proses pembuatan *plasticizer* dilakukan dengan metode epoksidasi *in situ*, dimana metode ini dianggap lebih aman. (Rangrajan dkk, 1992). Minyak kelapa sawit mentah (CPO) memiliki asam lemak tak jenuh tinggi (asam oleat 27 – 57 %), sehingga dapat

menghasilkan produk *plasticizer* yang lebih banyak dibanding dengan minyak jenis lain.

Teori Percobaan

Proses Epoksidasi

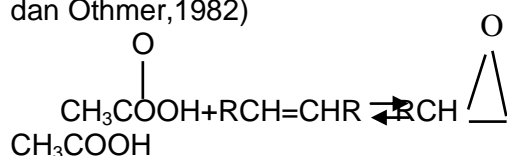
Proses epoksidasi merupakan reaksi pembentukan gugus oksiran antara asam peroksi dengan senyawa olefin atau dengan ikatan rangkap ester asam lemak tidak jenuh, dimana apabila senyawa olefin atau ikatan rangkap pada ester asam lemak tidak jenuh direaksikan dengan sesama peroksi, ikatan rangkap olefin atau ester asam lemak tidak jenuh akan pecah menjadi ester siklik segitiga yang disebut oksiran (Kirk dan Othmer, 1982).

Karakteristik dari senyawa epoksi ialah adanya kandungan oksiran. Semakin tinggi kadar oksirannya, maka senyawa epoksi yang dihasilkan juga semakin baik. Jumlah ikatan rangkap yang terdapat dalam minyak ditentukan dengan mengukur bilangan iodnya. Semakin besar bilangan iodnya, maka jumlah ikatan rangkap juga semakin besar, titik cair semakin rendah, dan kadar epoksinya semakin tinggi. Lemak yang mempunyai bilangan iod rendah lebih tahan terhadap kerusakan karena proses oksidasi (Gandhi, 1995).

Berbagai macam asam peroksida yang dapat digunakan untuk epoksidasi minyak nabati antara lain asam perasetat, perbenzoat, dan perfluoroasetat. Diantara asam-asam peroksi tersebut yang umumnya digunakan adalah asam perasetat karena lebih murah, mudah didapat, efisiensinya tinggi, dan bisa diproduksi dalam media air, non air, homogen maupun heterogen (Yadav, 1997).

Komponen organik yang mengandung ikatan rangkap mudah bereaksi dengan asam perasetat yang dihasilkan dari reaksi asam organik dengan hidrogen peroksida (Chou dan Chang, 1986).

Asam lemak pada umumnya bersifat reaktif terhadap oksigen dengan bertambahnya jumlah ikatan rangkap pada rantai molekul. Satu molekul oksigen bereaksi dengan ikatan jenuh menghasilkan oksida lemak dan secara simultan membebaskan atom oksigen aktif dimana oksigen aktif ini nantinya akan menyerang trigliserida (Ketaren, 1986). Proses oksidasi tanpa melalui tahap pembentukan peroksida merupakan oksidasi langsung terhadap ikatan rangkap, sehingga menghasilkan peroksida siklis dan senyawa ini digolongkan dalam grup epoksida (Kirk dan Othmer, 1982)



Gambar 1. Reaksi epoksidasi

Proses epoksidasi dapat berlangsung dengan dua metode. Dalam metode pertama, asam perasetat dibuat terlebih dahulu dengan mereaksikan asam asetat dengan hidrogen peroksida sehingga didapat asam perasetat. Akan tetapi keamanan dari metode ini kurang baik karena dapat membentuk bahan campuran peledak, dimana pada konsentrasi oksigen aktif bahan dapat meledak pada pemanasan kedua.

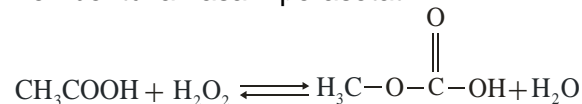
Metode yang kedua adalah proses epoksidasi *in situ*, yaitu proses dimana asam perasetat dibuat sekaligus dalam reaktor (Rangrajan dkk, 1995). Untuk epoksidasi proses terpisah tidak dibutuhkan katalis pada temperatur operasi 20-80 °C sebelum pembentukan asam perasetat (*preformed peracetic acid*) (Kirk dan Othmer, 1982). Metode ini tidak efisien, kecuali pada perbandingan konsentrasi yang tinggi dari asam asetat maupun hidrogen peroksida. Sejumlah besar konsentrasi asam asetat diperhitungkan jika perbandingan konsentrasi reaktannya tinggi. Pembentukan asam perasetat dalam suatu proses *in situ* menghasilkan ion H dan air untuk mengurangi reaksi samping, sehingga proses dilakukan pada suhu

yang moderat, waktu reaksi dipercepat, dan menggunakan katalis (Kirk dan Othmer, 1982). Proses *in situ* sering dipakai dalam skala industri sebab proses ini lebih aman karena asam peroksi yang terbentuk akan bereaksi langsung dengan ester berikatan rangkapnya (Kirk dan Othmer, 1982), serta lebih sedikit dalam pemakaian asam dan hidrogen peroksida (Yadav dan Satoska, 1997).

Selain itu, epoksi yang dibentuk secara *in situ* juga mengakibatkan penurunan bahaya reaksi dan menghindarkan kehilangan O₂ peroksida serta penggunaan asam resin penukar ion untuk meminimasi reaksi pembukaan cincin yang tidak diinginkan (Swern, 1979).

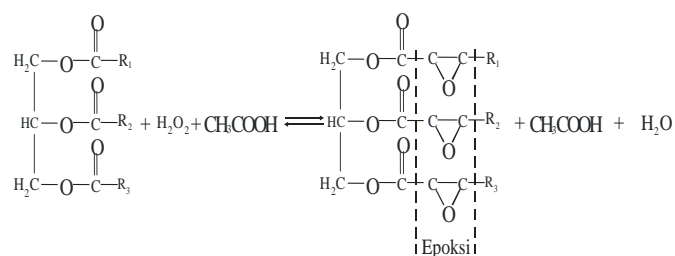
Reaksi epoksidasi ini menggunakan proses menyatu dimana asam peroksi dibuat persamaan sehingga lebih ekonomis, cepat dan mudah (Kirk dan Othmer, 1982). Reaksi epoksidasi disebutkan oleh Rangrajan dkk (1995).

Pembentukan asam perasetat:



Gambar 2. Reaksi pembentukan asam perasetat

Dan reaksi yang terjadi antara asam perasetat dan minyak sawit adalah:



Gambar 3. Reaksi antara asam perasetat dan minyak sawit

Untuk mencegah tidak terkendalinya reaksi yang terlalu eksotermis dan untuk mengoptimisasi reaksi epoksidasi tersebut, maka larutan peroksida ditambahkan secara bertahap disertai pengadukan dan temperatur dijaga pada 50 sampai 65 °C untuk 10 sampai dengan

25 menit setiap penambahan peroksida (Kirk dan Othmer, 1982).

Pada reaksi epoksidasi ini, yang mengontrol kecepatan reaksi adalah reaksi pembentukan asam perasetatnya (Kirk dan Othmer, 1982). Reaksi epoksidasi adalah reaksi bolak-balik, sehingga berpotensi untuk terjadinya reaksi samping. Hal ini penting karena proses epoksidasi dilakukan pada suhu yang terendah (moderat) dan waktu reaksi yang pendek. Laju pembukaan gugus oksiran dari 9,10-epoxyteavic acid (epoksidasi asam oleat) 1 % per jam pada 25 °C, dan 100 % pada 1 – 4 jam pada 65 – 100 °C (Kirk dan Othmer, 1982).

Reaksi pembentukan gugus oksiran dapat direduksi dengan menggunakan kurang dari satu mol asam organik untuk setiap mol asam lemak tak jenuh (Kirk dan Othmer, 1982).

METODOLOGI

Lokasi dan waktu

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia PTK I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta dan waktu penelitian dimulai pada tanggal 1 April sampai 31 Juni 2011.

Alat dan Bahan

Alat-alat Proses

- Thermometer
- Spin Bar
- String Hot Plate
- Gelas Ukur
- Beaker Glass
- Pipet Volume
- Pipet Ukur
- Corong Pemisah

Alat-alat Analisis

- Buret
- Erlenmeyer
- Erlenmeyer Asah
- Pipet ukur
- Corong kaca

Bahan Analisa Bilangan Asam

- Kalium Hidroksida 0.1 N dalam Etanol

- Etanol absolut
- Dietil Eter
- Phenolphthalein (PP) 1%
- Pyridine-CP
- Asetat anhidrat
- n-butyl alkohol
- Kalium Hidroksida 0,5 N dalam Etanol

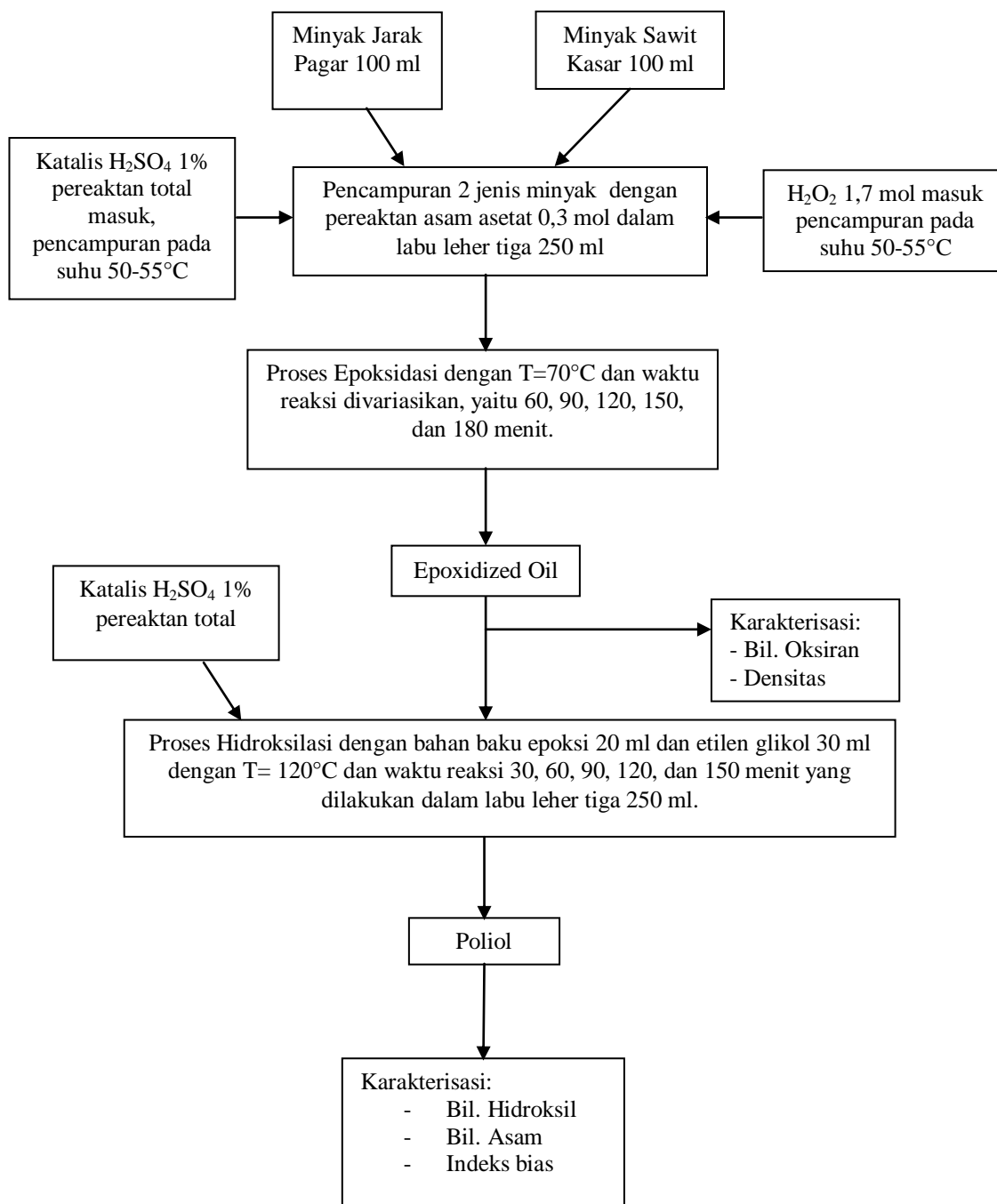
Bahan-bahan Proses

- Minyak kelapa sawit
- Minyak jarak pagar
- Asam Asetat 98%
- Hidrogen peroksida 50%
- Asam Sulfat 98%
- Natrium Bikarbonat
- Natrium Sulfat
- Aquades

Bahan Analisa Hidroksilasi

- Minyak Epoksi
- Etilen Glikol
- Asam Sulfat 98%
- Hidrogen Bromida (HBr) 47%
- Asam Asetat Glacial 98%
- Kristal Violet 1%

Diagram alir



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Mekanisme Proses

1. 100 ml CPO dan 100 ml minyak jarak pagar dicampur dengan asam asetat di dalam labu leher tiga rangkai dengan stirrer mekanik, termometer dan corong.
2. Campuran dipanaskan dalam Hot Plate Stirer dengan pengadukan konstan pada suhu 50°-55°C.
3. Larutan Hidrogen Peroksida dan Asam Sulfat ditambahkan lewat corong setelah mencapai suhu 50°-55°C.
4. Temperatur reaksi akan meningkat sampai optimum sebesar 70°C dan dipertahankan pada setiap variasi waktu, yaitu 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit dengan jumlah asam asetat 0,3 mol dan jumlah peroksida 1,7 mol.
5. Setelah waktu reaksi tercapai, campuran dituangkan dalam corong pemisah 250 ml, dimana lapisan encer (fase bawah) dipisahkan dan dibuang.
6. Larutan jenuh sodium bikarbonat dituangkan ke lapisan minyak untuk menetralkan sisa asam dan kemudian diikuti penambahan 100 ml aquades sampai bebas dari asam.
7. Larutan Natrium Sulfat ditambahkan untuk menyerap sisa air dan kemudian disaring.
8. Produk dari Epoksidasi minyak sawit dan minyak jarak pagar dianalisa untuk mengetahui bilangan Oksiran dan Densitas.

Prosedur Pembentukan Polioli

1. 20 ml minyak epoksi yang didapat ditambahkan kedalam labu leher tiga kemudian ditambahkan etilen glikol sebanyak 30 ml dan katalis asam sebanyak 1% dari jumlah pereaktan total dengan variasi waktu operasi yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 180 menit dan dipanaskan pada suhu 120°C.
2. Setelah waktu reaksi tercapai, campuran dituangkan ke dalam corong pemisah 250 ml dimana lapisan bawah dibuang dan lapisan atas diambil sebagai produk.

3. Produk polioli dari Epoksi minyak sawit dan minyak jarak pagar dianalisa untuk mengetahui bilangan hidroksil, bilangan asam, dan indeks bias.

Metode Analisa

Analisa Hasil Penelitian

Analisa hasil penelitian yang dilakukan terhadap hasil epoksidasi meliputi bilangan oksiran, sedangkan analisa terhadap hasil hidroksilasi meliputi bilangan asam dan bilangan hidroksi:

▪ Bilangan oksiran

Bilangan oksiran merupakan suatu metode untuk menentukan jumlah grup oksiran yang terkandung dalam minyak epoksi, yang bisa dititrasi langsung dengan Hidrogen Bromida dalam Asam Asetat.

Persamaan bilangan Oksiran:

$$\text{Bilangan oksiran} = \frac{\text{vol HBr} \times N \text{ HBr} \times 1,6}{W}$$

Keterangan:

Vol HBr = volume HBr yang dibutuhkan untuk titrasi (ml)

N HBr = Normalitas larutan HBr yang digunakan untuk titrasi (N)

W = Berat sampel

1,6 = tetapan bilangan oksiran

▪ Bilangan Asam

Bilangan asam merupakan suatu metode untuk menentukan banyaknya kandungan asam lemak bebas dalam minyak.

Persamaan bilangan Asam:

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{vol KOH} \times N \text{ KOH} \times 56,1}{W}$$

Keterangan:

Vol KOH = volume HBr yang dibutuhkan untuk titrasi (ml)

N KOH = Normalitas larutan HBr yang digunakan untuk titrasi (N)

W = Berat sampel

56,1 = Mr KOH

▪ Bilangan Hidroksi

Bilangan hidroksi adalah banyaknya mg dari kalium hidroksida yang

ekuivalen dengan kandungan hidroksi dalam satu gram sampel.

Persamaan bilangan Hidroksi:

$$\text{Uncorrected Hydroxyl Value} = \frac{(B-S) \times N \times 56,1}{W}$$

$$\text{Corrected Hydroxyl Value} = \text{Uncorrected Hydroxyl Value} + \text{Bilangan Asam}$$

$$\% \text{ OH} = \frac{\text{Corrected Hydroxyl Value}}{32,98}$$

Keterangan:

B = volume KOH yang dibutuhkan untuk titrasi blanko (tanpa sampel)

S = volume KOH yang dibutuhkan untuk titrasi sample polioli

W= berat sampel

N = Normalitas Larutan KOH

Analisa Data

Uji hipotesa diperlukan dalam analisa suatu data penelitian. Hipotesa harus dapat diuji dengan adanya hubungan antara variabel-variabel dalam penelitian. Metode statistik adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk menentukan dan membuktikan adanya hubungan antara dua variabel atau lebih, yang dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan koefisien korelasi (r)

Yaitu suatu cara untuk membuktikan keterkaitan antara dua variabel x dan y dimana koefisien mempunyai nilai $-1 < r < 1$ dan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus, yaitu:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

Bila r mendekati nilai ± 1 , maka korelasi antara dua variabel sangat kuat dan positif/negatif. Bila r positif maka korelasi antara dua variabel bersifat searah. Dengan perkataan lain, kenaikan atau penurunan nilai x terjadi bersama-sama dengan kenaikan dan penurunan

nilai y. Bila r negatif, kenaikan nilai x terjadi bersama-sama penurunan nilai y atau sebaliknya. Bila nilai r mendekati 0, maka hubungan antara dua variabel lemah atau tidak berhubungan sama sekali.

2. Penentuan persamaan garis regresi

a. persamaan linear atau garis lurus adalah:

$$Y = a + bx$$

b. persamaan parabolik atau persamaan kuadratis adalah:

$$Y = a + bx + cx^2$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

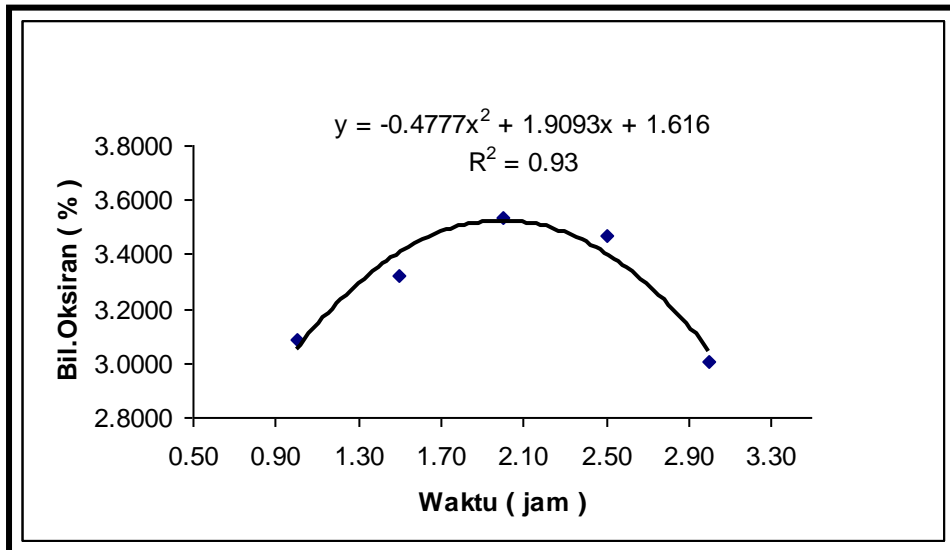
Tabel 1. Pengaruh waktu terhadap berbagai pengujian karakteristik

No	Minyak Epoksi		Polioli		
	Waktu (jam)	Bil. oksiran	Waktu (jam)	Bil. asam	Bil. hidroksil
1.	1,00	3,0880	0,50	6,9737	3,9615
2.	1,50	3,3200	1,00	5,8401	4,8588
3.	2,00	3,5360	1,50	5,8949	4,6877
4.	2,50	3,4720	2,00	7,0016	4,1412
5.	3,00	3,0080	2,50	8,0626	2,9667

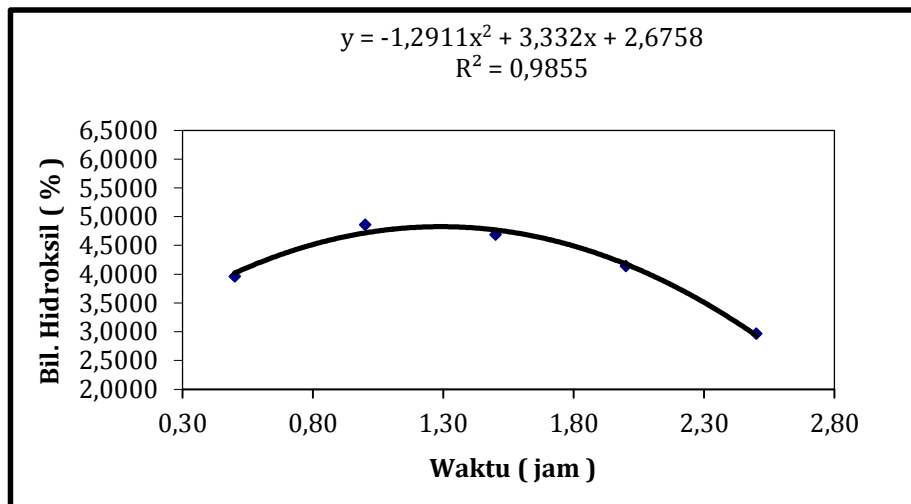
Hasil penelitian pada pembentukan polyol dari epoksidasi curcas oil dan CPO dapat terlihat dari Tabel 1. Pembentukan polyol pada waktu 1 jam dipengaruhi oleh temperatur reaksi. Pada suhu reaksi 120°C selama 1 jam dihasilkan bilangan hidroksil yang cukup bagus sebagai ukuran pembentukan produk berupa polioli yaitu 4,8588%. Minyak epoksi yang baik terbentuk pada waktu reaksi optimum 70°C selama 2 jam dengan karakteristik bilangan oksiran 3,5360%.

Pembahasan

Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Reaksi Epoksidasi Minyak Jarak Pagar dan Minyak Kelapa Sawit.



Gambar 5. Bilangan Oksiran vs. Waktu Reaksi



Gambar 6. Bilangan Hidroksil vs. Waktu Reaksi

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terlihat pada Tabel 1 dan Gambar 5 bahwa bilangan oksiran yang diperoleh pada waktu 1 jam sebesar 3,088% lalu mengalami kenaikan pada waktu 1,5 jam menjadi 3,32%. Kenaikan terus berlangsung hingga waktu 2 jam menjadi 3,536% yang merupakan kondisi optimum dari pembentukan bilangan oksiran pada proses epoksidasi. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa dengan semakin lama waktu reaksi, maka semakin besar pula nilai oksiran yang diperoleh. Tetapi setelah kondisi optimum tercapai, yaitu pada waktu reaksi 2 jam, terjadi penurunan bilangan oksiran. Hal ini disebabkan

dengan makin lamanya waktu reaksi, maka kesempatan reaktan untuk saling bertumbukan semakin besar yang mengakibatkan semakin besar peluang untuk terjadinya reaksi samping. Reaksi samping inilah yang dapat memicu terbukanya cincin oksiran yang berakibat turunnya nilai oksiran yang terkandung dalam epoksi. Memasuki waktu 2,5 jam terjadi penurunan bilangan oksiran menjadi 3,472% dan pada waktu 3 jam menjadi 3,008%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu reaksi yang lebih lama dari 2 jam tidak memberikan hasil bilangan oksiran yang lebih baik. Hal ini dimungkinkan karena epoksidasi

merupakan reaksi bolak balik yang berpotensi untuk diikuti reaksi samping, sehingga epoksidasi sebaiknya dilakukan sesingkat mungkin. Dengan demikian epoksi yang telah terbentuk tidak akan terurai kembali menjadi menjadi zat semula (minyak campuran), sebagai akibat dari reaksi *reversible*.

Korelasi antara variasi waktu reaksi terhadap bilangan oksiran yang didapat yaitu $Y_1 = -0,4777X^2 + 1,9093X + 1,616$ dengan persen ralat total sebesar 7,4035% dan $R = 0,964$. R mendekati nilai +1 sehingga korelasi antara dua variabel sangat kuat dan positif. Korelasi antara dua variabel bersifat searah, dengan kata lain kenaikan atau penurunan nilai x terjadi bersama-sama dengan kenaikan atau penurunan nilai y.

Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Pembentukan Poliol Dari Epoksidasi Curcas Oil dan CPO.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terlihat di Tabel 1 dan Gambar 6 bahwa bilangan hidroksil yang diperoleh pada waktu 0,5 jam sebesar 3,9615% lalu mengalami kenaikan pada waktu 1 jam menjadi 4,8588% yang merupakan kondisi optimum dari pembentukan bilangan hidroksil pada proses pembentukan poliol. Dari hasil analisa penelitian diketahui bahwa semakin lama waktu reaksi, maka semakin besar pula nilai hidroksil yang diperoleh. Namun bila waktu reaksi terlalu lama akan menyebabkan menurunnya bilangan hidroksil. Hal ini disebabkan oleh tenaga kinetis yang dimiliki oleh molekul-molekul zat pereaksi semakin besar karena semakin besarnya kesempatan reaktan untuk saling bertumbukan yang menyebabkan berubahnya warna poliol dari kuning bening menjadi kuning kecoklatan. Setelah kondisi optimum 1 jam terlewati, poliol yang dihasilkan mengalami penurunan bilangan hidroksil. Pada waktu 1,5 jam bilangan hidroksil menjadi 4,6877%. Kemudian pada waktu reaksi 2 jam, bilangan hidroksilnya menjadi 4,1412% dan pada waktu reaksi 2,5 jam menjadi 2,9667%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi tidak

berarti semakin banyak poliol yang terbentuk, melainkan yang terjadi justru poliol yang terbentuk akan terurai menjadi air dan etil alkohol sebagai produk sampingnya sehingga bilangan hidroksil dari poliol pun menurun.

Korelasi antara variasi waktu terhadap bilangan hidroksil yang didapat yaitu: $Y_2 = -1,2922X^2 + 3,332X + 2,6758$ dengan persen ralat sebesar 7,9579% dengan $R = 0,993$. R mendekati nilai +1 sehingga korelasi antara kedua variabel sangat kuat dan positif. Korelasi antara kedua variabel bersifat searah, dengan kata lain kenaikan atau penurunan nilai x terjadi bersama-sama dengan kenaikan dan penurunan nilai y.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan:

1. Kondisi optimum pembentukan epoksi dari bahan baku minyak jarak dan CPO adalah pada suhu 70°C dengan perbandingan pereaktan asam asetat 0,3 mol dan H_2O_2 1,7 mol dengan waktu reaksi 2 jam.
2. Epoksi yang didapat berwarna putih kekuningan dengan densitas 0,945 g/ml.
3. Persamaan korelasi untuk epoksidasi adalah:
 $Y_1 = -0,4777X^2 + 1,9093X + 1,616$ dan $R = 0,964$
dengan persen kesalahan total 7,4035%.
4. Kondisi optimum untuk pembentukan poliol diperoleh pada waktu reaksi 1 jam dengan suhu konstan 120°C dengan bahan baku epoksi 20 ml dan etilen glikol 30 ml.
5. Poliol yang didapat berwarna kuning bening dengan indeks bias 1,4705.
6. Persamaan korelasi untuk pembentukan poliol adalah:
 $Y_2 = -1,2922X^2 + 3,332X + 2,6758$ dan $R = 0,993$
dengan persen kesalahan total 7,9579 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Allingen, Norman L. et al. 1973. *Organic Chemistry*. Worth Publisher Inc., New York.
- Bailey A.E., 1951. *Industrial Oil And Fat Production*. 2nd Edition, Inter Science Publisher, New York.
- Chou and Chang, 1986. *The Organic Chemical Process*. Ho Chi Minh-Ville, Vietnam.
- Gan L.H, Goh S.H dan Ooi K.S., 1992. *Kinetics Studies of Epoxidation and Oxirane Cleavages of Palm Olein Methyl Esters*. JAOCS, vol.69.
- Ketaren S., 1986. *Pengantar Minyak dan Lemak Pangan*. UI-Press.
- Kiatkamjornwong, S. dan Matchariyakul, N., 1998. *Expoxidized Palm Oil*. Departement of Science Service. Bangkok 10330, Thailand.
- Kirk, R.E. dan Othmer, 1964. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol.6, The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Nguyen, Van Thu, 1997. *Centre de Service d'Experimentation*. Ho Chi Minh-Ville, Vietnam.
- Petrovic, Zoran; Andrew Guo; dan Ivan Javni, June 3, 2002. *Process for the preparation of vegetable oil-based polyols and electro insulating compounds created from vegetable oil based polyols*. US Patent 6,686,435.
- Prashantha, P., K. Vasanth Kumar Pai, B. S. Sherigara dan S. Prasannakumar. *Interpenetrating polymer network based on polyol modified castor oil polyurethane and poly (2-hydroxyethylmethacrylate): Synthesis, chemical, mechanical and thermal properties*. Bull. Mater. Sci, Vol 24, No. 5, October 2001.
- Rangarajan, B.; A. Havey; E. A. Grulke; P. D. Culnan. 1992. *Encyclopedia of Bio Plasticizer*. Vol. 4, The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Reyadh, M. *The cultivation of Jatropha curcas in Egypt*. Secretary of State for Afforestation, Ministry of Agriculture and Land Reclamation, Egypt.
- Yadav dan Satoska, 1997. *Mechanism of the Oxidation of Oleic Acid by Hydrogen Peroxide in Acetic Acid*. J. Chem. Soc., 37(1943):37-38.